

<b>Patent number:</b>	JP7169055
<b>Publication date:</b>	1995-07-04
<b>Inventor:</b>	SATO NAOKI; others: 06
<b>Applicant:</b>	HITACHI LTD
<b>Classification:</b>	
- international:	G11B7/00; G11B7/007
- european:	
<b>Application number:</b>	JP19930314708 19931215
<b>Priority number(s):</b>	

US5572503 (A)

**PURPOSE:** To obtain an optical disk for equalizing with high accuracy and high efficiency the deterioration of a reproduced signal, which is generated due to nonlinearity at the time of recording and reproducing, and an optical disk medium suitable therefor.

2005/01/06

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-169055

(43) 公開日 平成7年(1995)7月4日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	7/00	Q 9464-5D		
	7/007	9464-5D		

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平5-314708

(22) 出願日 平成5年(1993)12月15日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 佐藤 直喜

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 前田 武志

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 斎藤 温

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

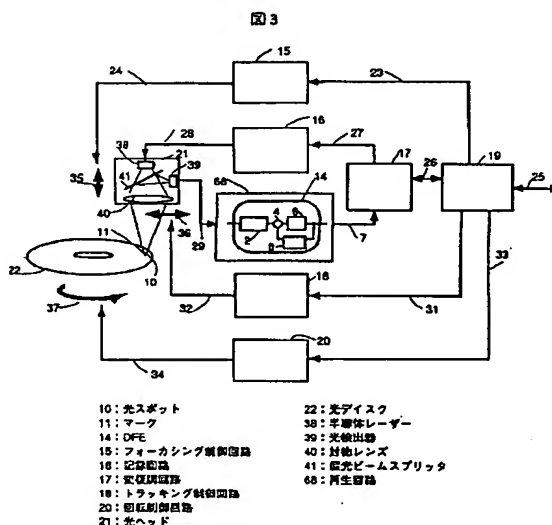
(54) 【発明の名称】 光ディスク装置及び光ディスク

(57) 【要約】

【目的】 記録及び再生時の非線形性によって生じる再生信号の劣化を高精度かつ高効率で等化する光ディスク装置と、この装置に適した光ディスク媒体を提供する。

【構成】 トランスバーサル型線形等化器2により波形前縁が等化された光ディスク22からの再生信号に残存する非線形歪は判別器6の出力を利用する帰還等化器8により補正され正確なマーク判別出力7がえられる。線形等化器2のタップ長は光スポットとマークとのサイズ比で、帰還等化器8のタップ数は変調方式のビット0の最大連続数で決められ、光ディスク22には、これら等化器の等化定数を記録領域毎にセットするための複数のトレーニングトラックが設けられる。

【効果】 記録及び再生時の非線形性によって生じる再生信号の劣化を高精度かつ高効率で等化し、ディスクの互換性に優れた光ディスク装置と、この装置に適した光ディスク媒体を提供できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光スポットを情報の記録再生に用いる光ディスク装置において、光検出手段と復調手段との間に光ディスクの記録時と再生時の非線形歪を補正する非線形等化手段を有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項2】光スポットを情報の再生に用いる光ディスク装置において、光検出手段と復調手段との間に光ディスクの再生時の非線形歪を補正する非線形等化手段を有することを特徴とする光ディスク装置。

【請求項3】上記非線形等化手段は、ランダムアクセスメモリを用いた判定帰還型等化器を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の光ディスク装置。

【請求項4】上記非線形等化手段は、線形に等化する手段を含むことを特徴とする請求項1、2または3に記載の光ディスク装置。

【請求項5】上記非線形等化手段を有する光ディスク装置は、上記非線形等化手段の等化特性を学習するための学習制御手段を有することを特徴とする請求項1、2、3または4に記載の光ディスク装置。

【請求項6】上記線形に等化する手段を、シンボルレートで動作するトランスバーサル型等化器とし、変調方式で決まるビット0の最小連続数と、変調方式で決まる最短ビット長と、レーザー光の再生スポット径とから、
$$Nf \geq (\text{ビット0の最小連続数} + 1) / 2 + \text{再生スポット径} / \text{最短ビット長} / 2$$
  
(Nfは正の整数)

とすることを特徴とする請求項4に記載の光ディスク装置。

【請求項7】再生スポット径と、変調方式で決まる最短ビット長とから、
$$Nb \geq \text{再生スポット径} / \text{最短ビット長}$$
  
(Nbは正の整数)

とすることを特徴とする、請求項2、3、4、5または6に記載の光ディスク装置。

【請求項8】上記再生スポット径を、光ディスク面上での光強度分布が、光スポットの中心光強度に対して、 $1/e$ となる位置で規定したことを特徴とする請求項6または7に記載の光ディスク装置。

【請求項9】変調方式で決まるマークを記録しないビット数の最大長から、
$$Nb \geq \text{マークを記録しないビット数の最大長} + 1$$
  
(Nbは正の整数)

とすることを特徴とする、請求項1、3、4、5または6に記載の光ディスク装置。

【請求項10】ディスク回転数をN(rps)、ディスクサイズ(直径)をD(inch)、データ転送速度をBps(byte/sec)、再生にしようするレーザ

ーの波長を $L\lambda$ (m)、光学系の対物レンズの開口数をNa、ディスクのデータエリア比をd( $d = \text{最内周トラック位置} / \text{最外周トラック位置}$ )、変調方式をビット0の最小連続数がBm(bit)で変調レートがRateである変調方式、とする光ディスク装置において、
$$Nf \geq (Bm + 1) / 2 + (0.82L\lambda / Na) / (2\pi \times D \times d \times 0.0254 \times N \times Rate / Bps / 8)$$

(Nfは正の整数)

とすることを特徴とする請求項4に記載の光ディスク装置。

【請求項11】ディスク回転数をN(rps)、ディスクサイズ(直径)をD(inch)、データ転送速度をBps(byte/sec)、再生にしようするレーザーの波長を $L\lambda$ (m)、光学系の対物レンズの開口数をNa、ディスクのデータエリア比をd( $d = \text{最内周トラック位置} / \text{最外周トラック位置}$ )、変調方式を変調レートがRateである変調方式、とする光ディスク装置において、

上記判定帰還型等化器のレジスタ長Nbを、
$$Nb \geq (0.82L\lambda / Na) / (\pi \times D \times d \times 0.0254 \times N \times Rate / Bps / 8)$$

(Nbは正の整数)

とすることを特徴とする請求項3または4に記載の光ディスク装置。

【請求項12】変調方式で決まるマークを記録しないビット数の最大長から、

上記判定帰還型等化器のレジスタ長Nbを、
$$Nb \geq \text{マークを記録しないビット数の最大長} + 1$$
  
(Nbは正の整数)

とすることを特徴とする請求項10に記載の光ディスク装置。

【請求項13】光ディスクの半径方向で、データ転送速度を変えないようにしたことを特徴とする請求項1ないし12に記載の光ディスク装置。

【請求項14】光ディスクの半径方向のトラック数を正の整数で分割し、各トラック位置での線記録密度をほぼ一定に保つようにしたことを特徴とする請求項1ないし12に記載の光ディスク装置。

【請求項15】上記線形に等化する手段を、適応的に補正する手段を有することを特徴とする請求項4ないし14に記載の光ディスク装置。

【請求項16】光ディスクを脱着可能にする手段を有することを特徴とする請求項1ないし15に記載の光ディスク装置。

【請求項17】請求項1ないし16に記載の光ディスク装置に適用する光ディスクであって、半径方向に、複数個の非線形等化手段の特性を決めるための学習用トラッ

クを有することを特徴とする光ディスク。

【請求項 18】上記非線形等化手段を有する光ディスク装置の信号処理回路であって、少なくとも、上記非線形等化手段の等化特性を学習するための学習制御手段と学習に用いる目標信号を記憶するメモリ手段と、上記学習制御手段と上記メモリ手段とを制御するための制御入力端子とを有することを特徴とする請求項 1 ないし 17 に記載の光ディスク装置の信号処理回路、及び信号処理用集積回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ディスク装置の再生方法に関し、光ディスク装置の記録および再生系で生じうる非線形歪を良好に除去する光ディスク装置と光ディスク装置の信号処理回路、および光ディスク媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の光ディスク装置の記録再生系の構成を図 6 に示す。

【0003】ユーザーデータ 26 は、変復調回路 17 を介してビット "1"、"0" のデータ列 27 に変換される。変調方式として、例えば 1-7 変調方式を考えると、2 ビットのユーザーデータ 26 が 3 ビットのデータ列 27 に変換されることから、記録するデータ列の時間間隔  $T$  (sec) は、ユーザーデータ 26 の時間間隔の  $2/3$  (変調レート =  $2/3$ ) となる。

【0004】図 7 を用いて、変調出力 27 から光検出力信号 29 がどのようにして得られるかを説明する。変調されたデータ列 27 は、ビット "0" の連続が 1 以上、7 以下となり、さらに記録回路 16 で、ビット "0" で変化せず、ビット "1" のみで反転するデータ列 70 に変換される。この情報列 70 で記録時のレーザーパワー 28 が基本的に制御され、レーザーパワー 28 が大きな時にマークとしてディスク上に記録されることになる (即ちマークエッジ記録)。

【0005】この時、記録されたマークの前側エッジは、特に直前に記録したマークの熱の影響を受けてシフトする。これをエッジシフトという。このエッジシフト量  $L_e$  (m) を、直前のマークを記録しないビット数の長さ  $B_0$  (bit) との関係で表わすと図 8 に示すようになり、 $B_0$  が小さい場合、非常に大きなエッジシフト  $L_e$  (m) が生じる。このような記録時の非線形歪は、記録媒体として光磁気ディスクを用いた時にも同様に生じる。

【0006】従来、この記録時の非線形歪の発生を防止する方法としては、予めマークエッジがシフトすることを想定してエッジ位置を補正して記録する方法や、レーザーパワーをマークの後部で断続的にして、次のマークへの熱による影響を少なくする方法を採ってきた。しかし、これらの方法はレーザーに供給する電流を極めて高

速かつ高精度に制御する必要があり、記録回路 16 が複雑になる上、装置やディスクの温度が変動することによって十分な性能が得られないといった問題があった。

(記録時の非線形歪)

また、図 9 に示すように、光スポットを記録マークに当てて、反射光の強度からマークのエッジを検出する再生方法では、光スポット中のマークから線形の重ね合わせで求めた波形 74 と実際の再生波形 75 とが一致しない。これは、マークの面積と反射光の強さの関係が線形でないためであり、図 6 の従来構成の再生回路 68 に含まれる線形の等化器のみでは補正し切れないと言った問題もあった。(再生時の非線形歪)

この現象は、再生専用の光ディスク装置の再生系においても、同様に生じるために、例えば記録マークが非線形歪を生じることなく記録されていたとしても、光スポットの反射光の強度でマークを検出する方法では、再生時の非線形歪の発生を避けることはできない。

【0007】一方、磁気ディスク装置では記録時に生じうる非線形歪は、磁気ディスクの磁気特性、磁気ディスクと記録ヘッドとのスペーシング、記録磁界の強さなどによって決まるものであり、記録しようするビットの 1 から 2 ビット前の情報の影響を受けることが分かっている。1992 年電子情報通信学会秋季大会講演論文集、分冊 5、第 35 頁にそのことが記載される。つまり磁気ディスク装置では、記録しようするビットの 1 から 2 ビット前の情報から、記録しようするビット位置を調整することで比較的容易に記録時の非線形歪は除去できる。また再生時の非線形歪は基本的には生じない。

【0008】このような磁気ディスク装置で、ランダムアクセスメモリを用いた判定帰還型等化器 (以下 RAM-DFE という) の適用が検討されている。その詳細はアイ・イー・イー・イー・トランザクション・オン・コミュニケーション (IEEE Trans. Comm.), 第 39 巻、第 11 号 (1991 年)、1559~1568 頁に記載されている。磁気ディスク装置で RAM-DFE を用いる目的は、基本的に非線形歪を低減することではなく、トランスバーサル型等化器のような線形の等化器との組合せによって、再生信号の識別点での  $S/N$  (信号対雑音比) を向上させることにある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明では、光ディスク装置で発生する前述のような記録及び再生時の非線形歪を高精度かつ高効率に等化する光ディスク装置と、この装置に適した光ディスク媒体を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では光スポットを情報の記録再生に用いる光ディスク装置においては、光検出手段と復調手段との間に非線形等化手段を挿入し、光ディスクの記録時と再生

時の非線形歪を補正する。

【0011】また、光スポットを情報の再生に用いる再生専用の光ディスク装置においては、光検出手段と復調手段との間に非線形等化手段を挿入し、光ディスクの再生時の非線形歪を補正する。

【0012】また、上記非線形等化手段は、判定帰還型等化器を含める。

【0013】さらには、上記非線形等化手段には、線形に等化する手段を含めてもよい。

【0014】また、上記非線形等化手段を有する光ディスク装置は、上記非線形等化手段の等化特性を学習するための学習制御手段を有してもよい。

【0015】また、上記線形に等化する手段を、シンボルレートで動作するトランスバーサル型等化器とし、変調方式で決まるビット0の最小連続数と、変調方式で決まる最短ビット長と、レーザー光の再生スポット径とから、上記トランスバーサル型等化器のタップ数  $N_f$  を、
$$N_f \geq (\text{ビット0の最小連続数} + 1) / 2 + \text{再生スポット径} / \text{最短ビット長} / 2$$

( $N_f$ は正の整数)

としてもよい。

【0016】また、再生スポット径と、変調方式で決まる最短ビット長とから、上記判定帰還型等化器のレジスタ長  $N_b$  を、

$$N_b \geq \text{再生スポット径} / \text{最短ビット長}$$

( $N_b$ は正の整数)

としてもよい。

【0017】この時、上記再生スポット径を、光ディスク面上での光強度分布が、光スポットの中心光強度に対して、 $1/e$ となる位置で規定してもよい。

【0018】また、変調方式で決まるマークを記録しないビット数の最大長から、上記判定帰還型等化器のレジスタ長  $N_b$  を、

$$N_b \geq \text{マークを記録しないビット数の最大長} + 1$$

( $N_b$ は正の整数)

としてもよい。

【0019】さらに詳細には、ディスク回転数を  $N(rps)$ 、ディスクサイズ(直径)を  $D(inch)$ 、データ転送速度を  $Bps(byte/sec)$ 、再生にしようするレーザーの波長を  $L\lambda(m)$ 、光学系の対物レンズの開口数を  $Na$ 、ディスクのデータエリア比を  $d$  ( $d$ =最内周トラック位置/最外周トラック位置)、変調方式をビット0の最小連続数が  $B_m(bit)$  で変調レートが  $Rate$  である変調方式、とする光ディスク装置において、上記トランスバーサル型等化器のタップ数  $N_f$  を、

$$N_f \geq (B_m + 1) / 2 + (0.82L\lambda / Na) / (2\pi \times D \times d \times 0.0254 \times N \times Rate / Bps / 8)$$

( $N_f$ は正の整数)

としてもよい。

【0020】また、ディスク回転数を  $N(rps)$ 、ディスクサイズ(直径)を  $D(inch)$ 、データ転送速度を  $Bps(byte/sec)$ 、再生にしようするレーザーの波長を  $L\lambda(m)$ 、光学系の対物レンズの開口数を  $Na$ 、ディスクのデータエリア比を  $d$  ( $d$ =最内周トラック位置/最外周トラック位置)、変調方式を変調レートが  $Rate$  である変調方式、とする光ディスク装置において、上記判定帰還型等化器のレジスタ長  $N_b$

を、

$$N_b \geq (0.82L\lambda / Na) / (\pi \times D \times d \times 0.0254 \times N \times Rate / Bps / 8)$$

( $N_b$ は正の整数)

としてもよいし、変調方式で決まるマークを記録しないビット数の最大長から、上記判定帰還型等化器のレジスタ長  $N_b$  を、

$$N_b \geq \text{マークを記録しないビット数の最大長} + 1$$

( $N_b$ は正の整数)

20 としてもよい。

【0021】さらに、上記光ディスク装置は、光ディスクの半径方向で、データ転送速度を変えないようにしてもよい。

【0022】また、光ディスクの半径方向のトラック数を正の整数で分割し、各トラック位置での線記録密度をほぼ一定に保つようにしてもよい。

【0023】また、上記線形に等化する手段は、再生時に適応的に補正する手段を有してもよい。

【0024】また、上記光ディスク装置は、光ディスクを脱着可能にする機構を有してもよい。

30 【0025】また、上記光ディスク装置に適用する光ディスクは、半径方向に、複数の上記非線形等化手段の特性を決めるための学習用トレーニングトラックを有してもよい。

【0026】さらには、上記非線形等化手段を有する光ディスク装置の信号処理回路及び信号処理用集積回路は、少なくとも、上記非線形等化手段の等化特性を学習するための学習制御手段と学習に用いる目標信号を記憶するメモリ手段と、上記学習制御手段と上記メモリ手段とを制御するための制御入力端子とを有してもよい。

【0027】

【作用】本発明では光スポットを情報の記録再生に用いる光ディスク装置において、光検出手段と復調手段との間に非線形等化手段を挿入する。これによって、従来構成では不可欠であった記録時の記録マークを補正する回路を大幅に簡単化でき、光ディスクの記録時と再生時に生じる非線形歪を再生系で適切に補正することができる。

50 【0028】また、光スポットを情報の再生に用いる再生専用の光ディスク装置において、光検出手段と復調手

段との間に非線形等化手段を挿入する。これによって、記録マークの径に対して光スポットの径が数倍と大きくても、この時に生じる非線形歪を適切に補正することができる。

【0029】また、上記非線形等化手段に図1に示すようなランダムアクセスメモリを用いた判定帰還型等化器を含めることによって、比較的簡単な回路構成で記録時や再生時に生じる非線形歪を効率よく補正できる。

【0030】さらには、上記非線形等化手段に、線形に等化する手段を含めることによって、再生信号の品質を向上させ、識別精度を高めることができる。

【0031】また、上記非線形等化手段を有する光ディスク装置に、上記非線形等化手段の等化特性を学習するための学習制御手段を設けることによって、装置温度やディスク特性が変化して非線形歪が変わっても等化特性を適切に保つことができる。

【0032】また、上記線形に等化する手段を、シンボルレートで動作するトランスバーサル型等化器とし、変調方式で決まるビット0の最小連続数と、変調方式で決まる最短ビット長と、レーザー光の再生スポット径とから、線形に等化する手段をトランスバーサル型等化器で実現しようとした場合の最小タップ数  $N_f(tap)$  は、以下のように決まる。

【0033】最小のマーク長  $L_{pmin}$  と再生スポット径  $R_s$  の関係を図2に示す。

【0034】レーザーの再生スポット径を  $R_s(m)$ 、光ディスクの回転数を  $N(rps)$ 、再生しようとしているディスクの半径位置を  $R(m)$ 、この位置での変調後のデータレートを  $1/T(bit/sec)$ 、変調方式のビット"0"の最小連続数を  $B_m(bit)$  とすると、再生しようとしている位置での線速度  $V(m/sec)$  が、

$$V = 2\pi RN \quad (m/sec)$$

であることから、変調方式との関係から決まる最小のマーク長  $L_{pmin}(m)$  は、

$$L_{pmin} = (B_m + 1) \times VT \quad (m)$$

である。

【0035】図2にて、再生スポット10がマーク11に差し加かってからマーク11を抜け出るまで、つまり再生スポット10が位置10"に到るまで再生信号が存在する。再生信号が存在する再生スポットの移動範囲  $L_{spmin}(m)$  は、

$$L_{spmin} = L_{pmin} + R_s \quad (m)$$

となる。

【0036】トランスバーサル型等化器は、図2に示すように再生信号が存在する範囲  $L_{spmin}$  の  $1/2$  の領域  $L_f$  を等化できればよい。領域  $L_f$  以降の領域  $L_b$  での信号は、トランスバーサル型等化器で生じた波形歪も含めて帰還等化器で等化する。よってトランスバーサル型等化器のタップ数  $N_f(tap)$  は、

$$\begin{aligned} N_f &\geq L_{spmin} / (4\pi RNT) \\ &= (L_{pmin} + R_s) / (4\pi RNT) \\ &= (B_m + 1) / 2 + R_s / (4\pi RNT) \quad (tap) \end{aligned}$$

( $N_f$ は正の整数)

となる。この結果を変調方式で決まるビット0の最小連続数と、変調方式で決まる最短ビット長と、レーザー光の再生スポット径とで記述しなおすと、

$$N_f \geq (\text{ビット0の最小連続数} + 1) / 2 + \text{再生スポット径} / \text{最短ビット長} / 2$$

( $N_f$ は正の整数)

となる。このように設定すれば、タップ係数を適切に設定することが可能であり、更に非線形等化手段の効果により、識別点での  $S/N$  向上が期待できる。磁気ディスク装置の再生系では、こうしたタップ数の規定はできない。

【0037】また、図9に示すようにマークの面積と反射光の強さの関係が線形でないために生じる再生の非線形歪を除去するための上記判定帰還型等化器のレジスタ長  $N_b$  は、以下のように決まる。

【0038】ここでは、図2に示すように再生スポット10に影響しうるマークの長さを考慮し、最小マークの後縁を等化させる。このために必要な判定帰還型等化器のレジスタ長  $N_b$  は、再生スポット径  $R_s(m)$  とビット長  $2\pi RNT(m)$  から、

$$N_b \geq R_s / (2\pi RNT) \quad (N_b \text{は正の整数})$$

となる。即ち、

$$N_b \geq \text{再生スポット径} / \text{最短ビット長} \quad (N_b \text{は正の整数})$$

とすれば、再生時の非線形歪を効率よく補正できる。【0039】この時、上記再生スポット径を、光ディスク面上での光強度分布が、光スポットの中心光強度に対して、 $1/e$  となる位置で規定すれば、光学系の各種パラメータに依らない装置設計が可能となる。

【0040】また、図8に示すような、記録マークパターンによって決まる非線形なエッジシフト量  $L_e(m)$  を除去するためには、変調方式で決まるマークを記録しないビット数の最大長さ  $B_M(bit)$  を考慮すればよい。これを補正するための判定帰還型等化器のレジスタ長  $N_b(tap)$  は、

$$N_b \geq B_M + 1 \quad (tap) \quad (N_b \text{は正の整数})$$

である。即ち、

$$N_b \geq \text{マークを記録しないビット数の最大長さ} + 1$$

( $N_b$ は正の整数) とすれば、記録時に生じうる非線形歪を効率よく補正できる。尚、エッジシフト量  $L_e(m)$  は、マークを記録しないビット数  $B_0$  が大きくなると急激に減少することから、必ずしも上記  $N_b$  は必要としないことは明らかである。

【0041】さらに詳細には、ディスク回転数を  $N(rps)$ 、ディスクサイズ(直径)を  $D(inch)$ 、デ

ータ転送速度をBps (byte/sec)、再生に使用するレーザーの波長を $L\lambda$  (m)、光学系の対物レンズの開口数をNa、ディスクのデータエリア比をd ( $d$ =最内周トラック位置/最外周トラック位置)、変調方式をビット0の最小連続数がBm (bit)で変調レートがRateである変調方式、とする光ディスク装置において、上記トランスバーサル型等化器のタップ数Nfを、

$$Nf \geq (Bm+1) / 2 + (0.82L\lambda / Na) / (2\pi \times D \times d \times 0.0254 \times N \times Rate / Bps / 8) \quad 10$$

(Nfは正の整数)

とすれば、タップ係数値を適切に設定することと判定帰還型等化器の効果により、光ディスク装置の識別点でのS/N向上が期待できる。

【0042】また、ディスク回転数をN (rps)、ディスクサイズ (直径) をD (inch)、データ転送速度をBps (byte/sec)、再生にしようするレーザーの波長を $L\lambda$  (m)、光学系の対物レンズの開口数をNa、ディスクのデータエリア比をd ( $d$ =最内周トラック位置/最外周トラック位置)、変調方式を変調レートがRateである変調方式、とする光ディスク装置において、上記判定帰還型等化器のレジスタ長Nbを、

$$Nb \geq (0.82L\lambda / Na) / (\pi \times D \times d \times 0.0254 \times N \times Rate / Bps / 8) \quad 20$$

(Nbは正の整数)

とすれば、再生時の非線形歪を効率よく補正できる再生専用の光ディスク装置が構成でき、変調方式で決まるマークを記録しないビット数の最大長から、上記判定帰還型等化器のレジスタ長Nbを、

$$Nb \geq \text{マークを記録しないビット数の最大長} + 1$$

(Nbは正の整数)

とすれば、記録時に生じうる非線形歪を効率よく補正可能な追記及び書き換え可能な光ディスク装置が構成できる。

【0043】さらに、上記光ディスク装置を、光ディスクの半径方向で、データ転送速度を変えないようにすれば、装置制御をより容易にすることができる。

【0044】また、光ディスクの半径方向のトラック数を正の整数で分割し、各トラック位置での線記録密度をほぼ一定に保てば、上記非線形等化手段の等化特性を多くのトラックで共通化でき、等化特性を与える係数値などを記憶するメモリの容量を削減できる。

【0045】また、上記線形に等化する手段に、再生時に適応的に補正する手段を有すれば、より適切な等化特性が得られ、識別点でのS/Nも向上する。

【0046】また、上記光ディスク装置に、光ディスクを脱着可能にする機構を設ければ、光ディスクの特性の

変動が大きくても、比較的容易に光ディスク間で互換性のある光ディスク装置を提供できる。

【0047】また、上記光ディスク装置に適用する光ディスクに、半径方向に、複数個の上記非線形等化手段の特性を決めるための学習用トレーニングトラックを有すれば、光ディスクを装着する毎に適切な等化特性を学習することができ、この結果光ディスクに記録する容量を大きくできる。

【0048】さらには、上記非線形等化手段を有する光ディスク装置の信号処理回路及び信号処理用集積回路に、少なくとも、上記非線形等化手段の等化特性を学習するための学習制御手段と、学習に用いる目標信号を記憶するメモリ手段と、上記学習制御手段と上記メモリ手段とを制御するための制御入力端子とを有すれば、識別誤りが頻繁に生じるような初期等化特性であっても、学習時は常に正しい目標信号を学習制御手段に与えることができるので、より精度の高い等化特性が収束性良く実現でき、その結果として信頼性の高い光ディスク装置が構成できる。

【0049】

【実施例】本発明の第1の実施例を図3を用いて説明する。

【0050】本実施例は、定転送レートの光ディスク装置の再生回路68に、図1で概説した判定帰還型等化器(以下DFEという場合あり)14を適用しており、DFE14には線形の等化器(FFF)2と減算器(SUB)4と判別器(DET)6と帰還等化器(FBF)8が含まれている。

【0051】本実施例は、対物レンズ40と半導体レーザー38と偏光ビームスプリッタ41などからなる光ヘッド21と、光ヘッド21をフォーカシングする制御回路15と、トラッキング制御回路18と、ディスク22を回転させる回転制御回路20と、ディスク22にマーク11を記録する際のレーザー光の強さを制御する記録回路16と、光検出器39の出力29を受けてディスク22に記録されているビット情報を読みだす再生回路68と、変復調回路17と、これら全体を制御するとともに外部との情報の入出力25を制御するコントローラ19とから構成されている。ここで再生回路68に本発明による構成のDFE14が適用されている。尚、図13に示すように、CD-ROM等の再生専用の光ディスク装置に本発明を適用した実施例では、図3に記載した記録回路16が存在しないのは明らかである。

【0052】光ディスク装置の諸元として、ディスク回転数Nを1800 (rpm)、ディスクサイズ (直径) Dを3.5 (inch)、変調方式を(1,7) RLLコード (Rate=2/3)、ユーザーデータ転送速度Bpsを1 (Mbyte/sec)、再生に使用するレーザー38の波長 $L\lambda$ を0.72 ( $\mu$ m)、対物レンズ40の開口数Naを0.5とし、さらにはディスク22



11  
のデータエリア比d (d=最内周トラック位置/最外周\* \*トラック位置)を0.5とすると、

$$R_m = 3.5 \times 0.5 \times 0.0254 / 2 \quad (\text{m})$$

$$= 2.22 \quad (\text{cm})$$

$$R_s = 0.82 \times 0.72 / 0.5 \quad (\mu\text{m}) \quad \times = 83.3 \quad (\text{nsec})$$

= 1.181 (μm) となり、これよりFFF2の最小タップ数Nfは、

$$T = 2 / 3 / 1 / 8 \quad (\mu\text{sec}) \quad \times$$

$$N_f = \text{INT} \{ (1+1) / 2 + 1.181e(-6) / (4\pi \times 2.22e(-2) \times 1800 / 60 \times 83.3e(-9)) + 1 \} \quad (\text{tap})$$

$$= \text{INT} \{ 1 + 1.694 + 1 \} = 3 \quad (\text{tap})$$

となる。

【0053】また、FBF8の最小タップ数Nbは、

$$N_s = 7 + 1 = 8 \quad (\text{tap})$$

$$N_h = \text{INT} \{ 1.181e(-6) / (2\pi \times 2.22e(-2) \times 1800 / 60 \times 83.3e(-9)) + 1 \} \quad (\text{tap})$$

$$= \text{INT} \{ 3.39 + 1 \} = 4$$

から、

$$N_b = \text{MAX}(N_s, N_h) = 8 \quad (\text{tap})$$

と決まる。

【0054】本実施例では、Nb=N<sub>s</sub>=8としたが、記録時の非線形歪みの程度によってはNb=N<sub>h</sub>=4まで低減しても良い。ここでは、DFE14のFFF2は3タップ、FBF8は8タップとした。尚、図13に示すように、CD-ROM等の再生専用の光ディスク装置では、前述のように記録時の非線形歪みを小さくできるのでNb=4としてもよい。上記の諸条件下では、図14に示すようなNfとNbの範囲で高性能な再生系が構成できる。

【0055】図4に、本実施例の再生回路68の具体的な回路構成を示す。図4を用いて本実施例の再生時の動作について説明すると以下の通りとなる。

【0056】図3の光検出器39で検出された信号29は、前置増幅器(以下PreAMPという)42で増幅されて可変利得増幅器(以下VGAという)43に入力される。VGA43の出力57は低域通過フィルタ(以下LPFという)44を介して、さらにA/D変換器(以下ADCという)45でデジタル化した再生信号1に変換され、DFE14に入力される。このデジタル化した再生信号1はDFE14で等化、識別され、サン

40  
プル時刻ごとのマークの有無を"1"、"0"で示す判別出力7が得られる。誤解を避けるために付言すると、ADC45の出力はサンプル時刻ごとの再生波形レベルを所定桁のデジタルコードで表したものに過ぎず、DFE14によりはじめてマークの有無を示す判別出力、いわゆるビット情報が得られるのである。DFE14は3タップのFFF2で信号の信号対雑音比(以下S/Nという)を向上させると共に、マークを再生した波形の前縁をナイキスト条件に等化する。FFF2の出力3は、FBF8で判別する前のシフトレジスタ(SR)53の

内容から、FFF2で生じるマーク再生波形の後縁部の誤差と非線形歪みがRAM54と減算器4によって補正され、判別器(以下DETという)6で"1"、"0"の判定が行なわれる。DET6の判定結果7は順次FBF8のシフトレジスタ53に入力され、RAM54は次に補正すべき値を出力する。DFE14はこの動作を順次繰り返す。

【0057】図4のDFE14の主な構成要素を更に詳細に説明する。3タップ線形等化器FFF2は、データラッチ(以下DRという)49と乗算器(以下MULという)50と加算器(以下SUMという)51とで構成されるトランスバーサル型等化器で実現している。また、FBF8は8ビットのシフトレジスタ(以下SRという)53とこのSR53の8ビットデータ61をアドレス値とする256のアドレスを有するランダムアクセスメモリ(以下RAMという)54から構成される。学習制御回路90とパターンメモリ91は、光ディスクを光ディスク装置にセットした時点で、MUL50の係数値とRAM54のメモリ値をトレーニングするのに用い

る。

【0058】図10に、ディスク上のレイアウトを示す。本実施例の光ディスク装置は定回転角方式の記録フォーマットを有する。したがって、最外周のセクタ幅81は再内周のセクタ幅82より大きくなる。ディスク22の上の多数のトラックを含む記録領域はトラック半径の大きさによって複数のブロックに分割されている。図10では8分割しか示していないが、実際はさらにそれぞれ4分割している。これらの32分割した領域ごとに1本のトレーニングトラック77がそれぞれ割り当てられる。ディスク22を装置にセットした時点で、割り当てた各々のトレーニングトラックの位置でトレーニングを行ない、トレーニング結果を32組のFFF2のタップ係数セットMEM55と32組のRAM54に記録する。領域ごとのトレーニングトラック77は、各領域の最内周側に配置している。ディスク22を装置にセットした時に、32組のFFF2の係数セットMEM55とFBF8のRAM54をトレーニングするために要する時間は、高々数秒である。ユーザーデータの再生時には、等化器定数設定信号(以下CONTという)62によって、予めトレーニングで求めた1組のFFF2の係数セ

ットMEM55とFBF8のRAM54とを、1つの領域に存在する256トラックに適用する。従って本実施例では、総数で8192トラックを実現している。尚、トレーニングトラック77は、各領域の最内周側に配置したが、任意の位置に設定できるとともに、各領域で複数のトレーニングトラック77を設定しても良いことも明らかである。また、1つの領域に存在する全トラックで、同一の係数セットやRAM内容を適用するのではなく、領域内のトラック位置によって係数値を適当に補正して用いても良い。

【0059】この時、判別後のデータ7と、これと判別前の信号5との差信号63とを用いて、VGA制御回路（以下VGACという）46がVGA43を制御し、電圧制御発振器制御回路（以下VCOCという）48が電圧制御発振器（以下VCOという）47を制御する。この制御回路（VGAC46、VCOC48）の構成と動作については、「デジタル信号処理の応用」電子情報通信学会編等に詳細に解説されており、ここでの説明は省略する。

【0060】尚、DFE14のFFF2で用いる乗算器50は、予め乗算結果を記憶したメモリの内容を参照するルックアップテーブル（以下LUTという）で構成してもよい。また、LPF44は特定の周波数でピーキングしても良い。さらに、タップ係数セットMEM55と32組のRAM54は、DFE14とは別回路として設けて、再生するトラック位置に合わせて選択してもよいし、1組のタップ係数レジスタと1組のRAM54のみをDFE14に設け、再生するトラック位置に応じてタップ係数セットMEM55と32組のRAM54の内容を再セットしてもよい。

【0061】本発明の第2の実施例を図3、図5及び図11を用いて説明する。この第2の実施例は、ディスクの内外周の領域での線記録密度の差を緩和した方式、詳しくはモディファイドCAV方式の光ディスク装置に図1の構成のDFE14を適用したものである。ディスク上のレイアウトを図11に示す。ディスク22上の記録領域はトラック半径の大きさにより8分割される。外側\*

$$R_m = 3.5 \times 0.5 \times 0.0254 / 2 \quad (\text{m})$$

$$= 2.22 \quad (\text{cm})$$

$$R_s = 0.82 \times 0.72 / 0.5 \quad (\mu\text{m}) \quad 40 \times = 83.3 \quad (\text{nsec})$$

$$= 1.181 \quad (\mu\text{m})$$

$$T = 2/3 / 1/8 \quad (\mu\text{sec}) \quad \times$$

$$N_f = \text{INT} \{ (1+1) / 2 + 1.181e(-6) / (4\pi \times 2.22e(-2) \times 1800 / 60 \times 83.3e(-9)) + 1 \} \quad (\text{tap})$$

$$= \text{INT} \{ 1 + 1.694 + 1 \} = 3 \quad (\text{tap})$$

となる。

【0064】また、FBF8の最小タップ数Nbは、

$$N_s = 7 + 1 = 8 \quad (\text{tap})$$

$$N_h = \text{INT} \{ 1.181e(-6) \quad 50 \text{ から、}$$

\*の分割領域ではより内側の分割領域よりも高い記録再生周波数が採用され、これにより最外周のセクター幅81と最内周のセクター幅81'とはほぼ等しくされる。つまりを線記録密度の差を緩和している。各分割領域ごとに少なくとも1本のトレーニングトラック77が割り当てられる。

【0062】光ヘッド21の位置に応じて記録再生周波数を変更する機能が備わることを除けば、装置全体構成は図3のものと変わらない。よって図5により再生回路を説明する。再生回路68を構成する各ブロックも大部分は図4の各ブロックと同じである。よって図5では図4と同一のブロックには図4と共通の符号を付している。図4と異なるのは、VCO47'の中心周波数、LPF44'のカットオフ周波数を制御信号67で8段階に切り替え、もって分割領域毎に異なる記録再生周波数とする点である。分割領域数が8であるので、FFF2の係数セットMEM55、FBF8のRAM54はそれぞれ8組でよい。光ディスク22を装置にセットした時点でトレーニングトラックの読みだしによりトレーニングを行ない係数セットMEM55及びRAM54にそれぞれ値をセットするのは図4と同様である。ユーザーデータの再生時には上記記録再生周波数の切り替えとともに、分割領域毎にFFF2及びFBF8の等化器定数が等化器定数信号により切り替えられ、再生波形の前縁の等化と後縁の誤差補正が図4の実施例と同様に実行される。

【0063】光ディスク装置の諸元として、第1の実施例と同様に、ディスク回転数Nを1800 (rpm)、ディスクサイズ (直径) Dを3.5 (inch)、変調方式を(1,7) RLLコード (Rate=2/3)、最内周でのユーザーデータ転送速度Bpsを1 (Mbyte/sec)、再生に使用するレーザーの波長λを0.72 (μm)、対物レンズの開口数Naを0.5とし、さらにはディスクのデータエリア比d (d=最内周トラック位置/最外周トラック位置)を0.5とする

となり、これよりFFF2の最小タップ数Nfは、

$$N_f = \text{INT} \{ (1+1) / 2 + 1.181e(-6) / (4\pi \times 2.22e(-2) \times 1800 / 60 \times 83.3e(-9)) + 1 \} \quad (\text{tap})$$

$$= \text{INT} \{ 3.39 + 1 \} = 4$$

$Nb = \text{MAX}(Ns, Nh) = 8$  (tap)  
と決まる。これらの値は第1の実施例と全く同じである。尚、第1の実施例で示したように、CD-ROM等の再生専用の光ディスク装置に適用する場合は、前述のように記録時の非線形歪を小さくできるので  $Nb = 4$  としてもよい。本実施例においても図14に示すような  $Nf$  と  $Nb$  の範囲で高性能な再生系が構成できる。

【0065】本実施例でトレーニングトラック77数を第1の実施例の1/4にできるのは、ディスク22の内周の領域での線記録密度がほぼ一定であるために、検出波形29の変化が少ないからである。FFF2の内周周でのタップ係数MEM55の違いは極めて小さくなる。本実施例によれば、1トラック当りの記憶容量が、最内周領域に対して最外周領域では約2倍となるため、第1の実施例と比較して、ディスク1枚の記憶容量は約3~4割増大できる。トレーニングに要する時間が第1の実施例より短い利点もある。

【0066】本発明の第3の実施例を図12を用いて説明する。本実施例は、第2の実施例と同様に、ほぼ一定の線記録密度を達成するモディファイドCAV方式の光ディスク装置に図1の構成の光ディスク装置に本発明によるDFE14を適用している。

【0067】本実施例の構成で、第2の実施例と異なる点は、第2の実施例に加えて係数補正回路78を設ける点である。本実施例では、DFE14内のFFF2の係数データ79を、ユーザーデータを再生しながら、等化誤差63と判別器出力信号7を用いて適応的に補正し、補正結果でタップ係数セットメモリMEM55の内容を更新する。この時のタップ係数セットメモリMEM55のディスクセット時の初期値は、第2の実施例と同様にトレーニングトラック77を用いてトレーニングした結果を用いる。

【0068】本実施例によれば、1つの領域内でもFFF2の特性を各トラック毎に高精度に等化できる。この結果、第2の実施例より記録密度をさらに高めることができる。

【0069】

【発明の効果】本発明によれば、記録及び再生時の非線形性によって生じる再生信号の劣化を高精度かつ高効率で等化し、ディスクの互換性に優れた光ディスク装置

と、この装置に適した光ディスク媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】DFEの構成を示す図。

【図2】光スポットとマークのサイズ比による光検出器の出力信号と、FFFの出力波形を示す図。

【図3】本発明による第1及び第2の実施例の構成を示す図。

【図4】本発明による第1の実施例の再生回路の構成を示す図。

【図5】本発明による第2の実施例の再生回路の構成を示す図。

【図6】従来の光ディスク装置の記録再生系の構成を示す図。

【図7】光ディスク装置で記録されたマークと光検出器の出力波形を示す図。

【図8】マークを記録しないビット0の連続数に対するエッジシフト量の関係を示す図。

【図9】光検出器で生じる非線形歪を説明する図。

【図10】第1の実施例のディスク面の記録状態を示す図。

【図11】第2の実施例のディスク面の記録状態を示す図。

【図12】本発明による第3の実施例の再生回路の構成を示す図。

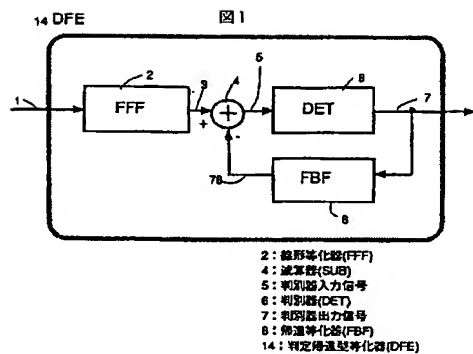
【図13】第1または第2の実施例を再生専用装置に変形した成を示す図。

【図14】第1及び第2の実施例のDFEの構成規模の範囲を示す図。

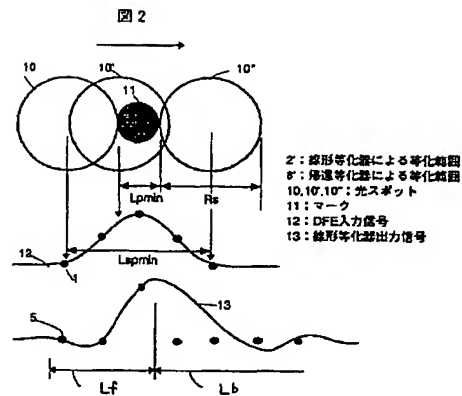
【符号の説明】

2：線形等化器(FFF)、4：減算器(SUB)、  
6：判別器(DET)、8：帰還等化器(FBF)、10：光スポット、11：マーク、14：判定帰還型等化器(DFE)、16：記録回路、17：変復調回路、19：コントローラ、21：光ヘッド、22：光ディスク、49：データレジスタ(DR)、50：乗算器(MUL)、51：加算器(SUM)、53：シフトレジスタ(SR)、54：ランダムアクセスメモリ(RAM)、78：係数補正回路、90：学習制御回路、91：パターンメモリ。

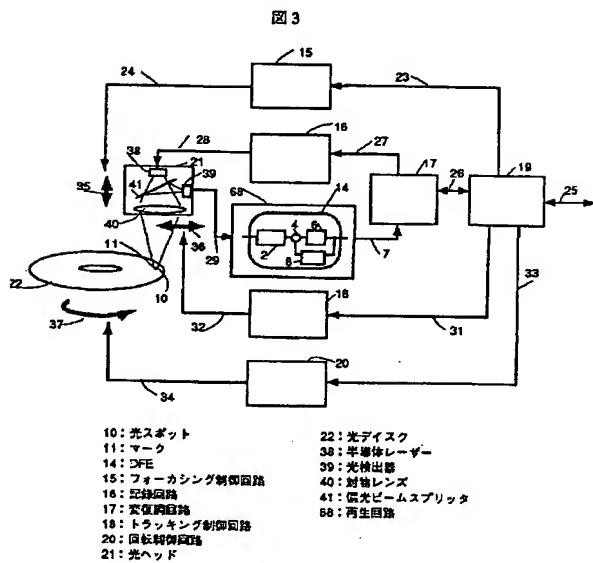
【図1】



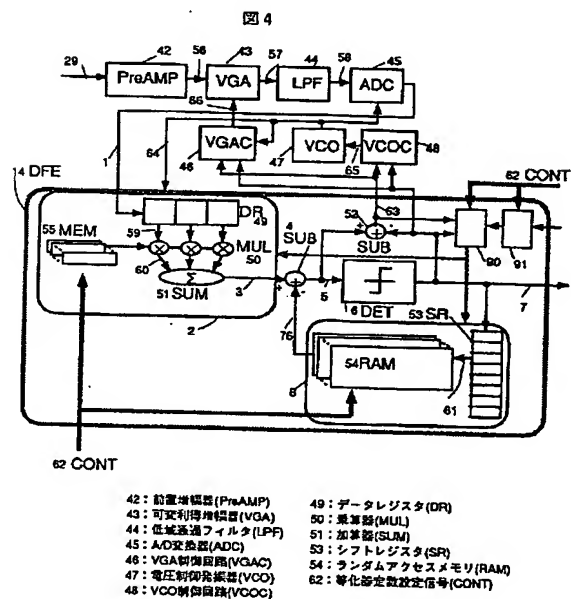
【図2】



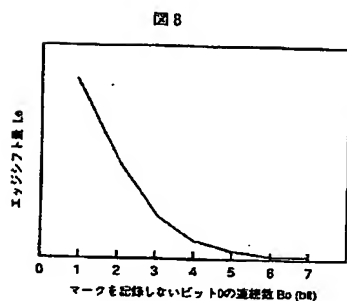
【図3】



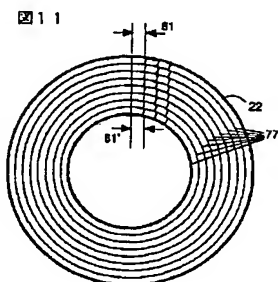
【図4】



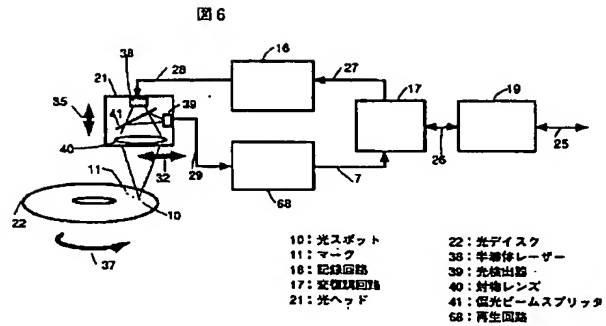
【図8】



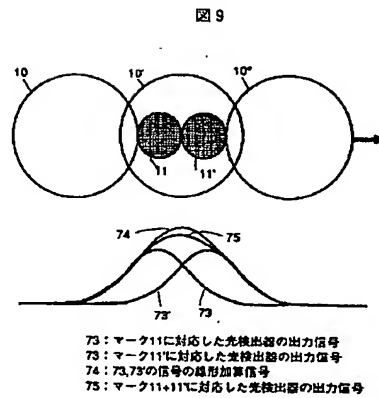
【図11】



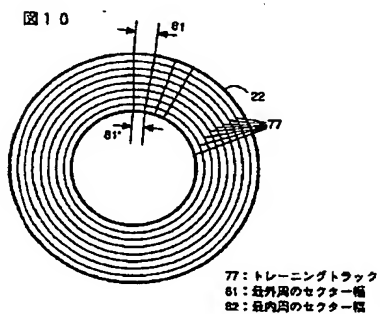
【図6】



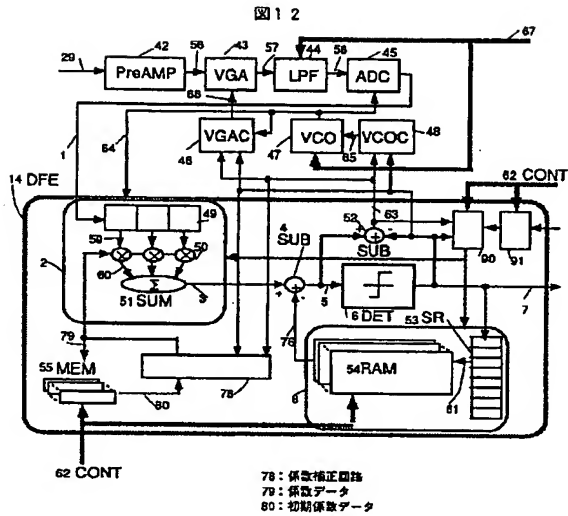
【圖9】



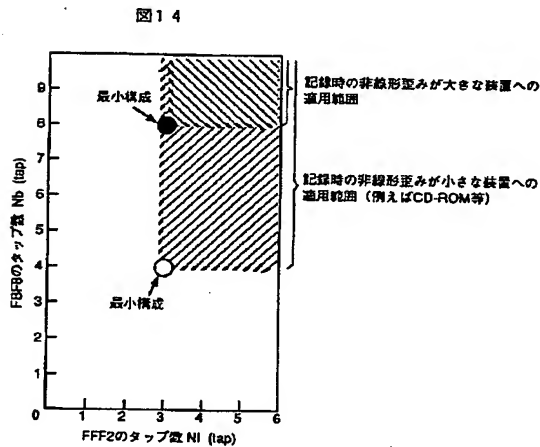
【圖 10】



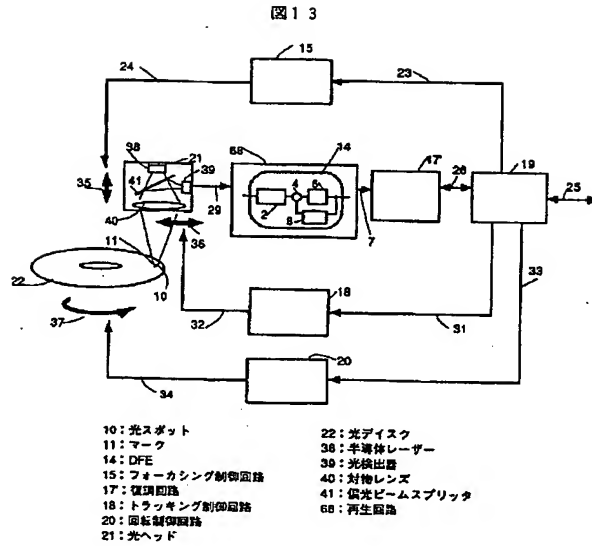
【図12】



【図14】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 杉山 久貴  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 助田 裕史  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 土永 浩之  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 大内 康英  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内